

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-177217

(43)公開日 平成 6 年(1994) 6 月24日

(51)Int.Cl.<sup>3</sup>

H 0 1 L 21/66

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

B 7377-4M

L 7377-4M

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平4-230358

(22)出願日 平成 4 年(1992) 8 月28日

(31)優先権主張番号 7 5 2 7 4 2

(32)優先日 1991年 8 月30日

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 590000879

テキサス インスツルメンツ インコーポ  
レイテツド

アメリカ合衆国テキサス州ダラス, ノース  
セントラルエクスプレスウェイ 13500

(72)発明者 メールダッド エム. モスレヒ

アメリカ合衆国テキサス州ダラス, セゴビ  
ア ドライブ15350 - ビー, アパート  
メント ナンバー 1005

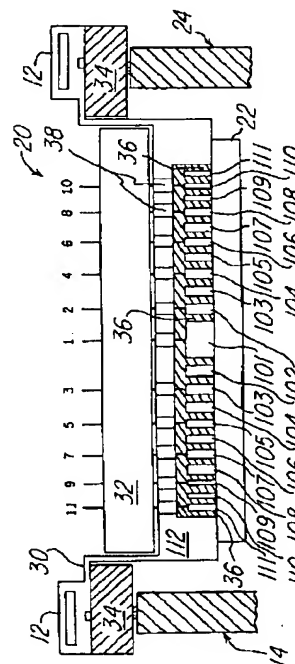
(74)代理人 弁理士 浅村 皓 (外 2 名)

(54)【発明の名称】 現場実時間面積抵抗測定センサシステム及び測定方法

(57)【要約】

【目的】 静電チャック内に埋設した多数の電極を選択使用しウェーハを静的に支持しかつこれに高周波励起信号を印加し、応答誘導信号を抽出し、これらの信号からウェーハ導電層面積抵抗を実時間測定してプロセス制御に供する。

【構成】 測定センサシステム 20 において、静電チャック 30 は、加熱/冷却モジュール 32 で温度制御され、複数の分布電極 101 ~ 111 を、例えば、同心円パターンに埋設し、スペーサ 36 で絶縁し、スルーホール 38 を通る電線の接続点 1 ~ 12 で電源又はセンサに接続し、一部の電極をチャック電極とし低周波電圧印加の下に半導体ウェーハ 22 を静電的に支持し、残りの電極をセンサ電極として高周波励起信号を印加し、ウェーハ 22 に誘導信号を生じ、これらの励起信号と誘導信号からウェーハ 22 の導電層の半径又は周方向面積抵抗をプロセス中に測定してプロセス制御器に帰還する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電気的面積抵抗センサを備えるチャックであって、

半導体ウェーハを支持するチャック本体と、  
前記チャック本体の表面に形成されたしかし前記表面から電気的に絶縁された少なくとも2つの電極であって、  
前記ウェーハの裏側表面に電気的に結合された前記電極と、  
前記ウェーハの上側表面上の面積抵抗に基づく電気信号を受信するために前記電極に接続された回路要素と、  
を包含するチャック。

【請求項2】 半導体ウェーハの上側表面上の面積抵抗測定方法であって、

前記ウェーハの裏側表面に電気的に結合されたチャックであって、前記ウェーハを静電的に支持する能力のある前記チャックを提供するステップと、  
前記ウェーハに高周波励起信号を印加するステップと、  
少なくとも1つの誘導出力信号であって、前記ウェーハの前記上側表面上の前記面積抵抗に関連した前記誘導出力信号を監視するステップと、  
前記出力信号から前記面積抵抗を決定するステップと、  
を包含する方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、全体的に半導体デバイスの製造に関し、特に現場実時間面積抵抗測定センサシステム及び測定方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】マイクロエレクトロニクスデバイス製造中の導電層面積抵抗値の現場測定は、プロセス制御に関する可変情報を提供し及び実時間プロセス終点検出適用に資することができる。例示のプロセスは、化学気相成長法（以下、CVD）、タングステン、アルミニウム、銅のような導電層プロセス、導電層の物理気相成長法（以下、PVD）、及び導体をパターン化するのに使用されるプラズマエッチングプロセスを含む。面積抵抗センサは、実時間にエッチング又は堆積プロセスを、又は、例えば、真空予備排気室内に配備されるブリプロセス／ポストプロセスセンサを監視及び制御するのに使用される。これらの型式の面積抵抗センサは、帰還プロセス制御に並びにプロセス及び機器診断／予断に極めて有効である。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】CVD金属薄膜厚さ及び（又は）面積抵抗測定のために過去に提案されている現場センサにはいくつかの型式がある。例えば、うず電流センサは、金属薄膜面積抵抗のブリプロセス／ポストプロセス測定用非侵入性現場（しかし非実時間）センサである。このセンサは実時間的でないで、これを多くのプロセス終点制御適用に使用することができない。

【0004】2点プローブは、金属堆積、例えば、タングステンCVDプロセス室内のウェーハ縁の前側へ電気接触をとるために2つの導体ウェーハ支持ピンを採用する。これは、接触型現場実時間センサであり、かついくつかの制約を受ける。このセンサは、2つの導体ウェーハプローブピンの間の直流電流及び電圧の測定に依存する。結果として、その動作は、これらのピンとこの室内のウェーハ表面との間の接触抵抗値及び（又は）電位値に敏感である。このプローブの接触抵抗／電位及びその温度依存性は、測定不確定性を招くおそれがある。

【0005】マイクロ波に基づく面積抵抗センサは、金属面積抵抗測定に対して非侵入実時間センサである。その動作は、プローブビームとしてのマイクロ波（12～18GHz）の使用に基づく。しかしながら、このセンサは、その大きいプローブビーム寸法に起因して平均面積抵抗を提供するに過ぎない。換言すれば、非実時間均一性測定が行われる。

【0006】光ファイバ散乱に基づくセンサは、表面粗性測定を通してのCVD金属薄膜厚さのブリプロセス／ポストプロセス測定に対しては、非侵入現場（しかし非実時間）センサである。それゆえ、これもまた、このセンサが非実時間的であるので、これを多くの実時間プロセス終点制御適用に使用することはできない。

【0007】したがって、これらの問題のいずれか又は全てを克服する改善が、現在望まれている。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の他の目的及び利点は、以下で明白になり、部分的に出現し、かつ現場実時間面積抵抗測定システムのための方法及び装置を提供する本発明によって達成されるであろう。

【0009】半導体ウェーハの上側表面上の導電層の面積抵抗を測定するセンサシステムが、ここに開示される。1実施例において、そのセンサシステムは、そのウェーハの裏側表面に電気的に結合されるチャックを含む。このチャックは、そのウェーハを静電的に支持する能力を有する。信号源がそのウェーハの裏側に結合される交流電流励起信号を供給し、かつこの励起信号と検出信号を監視する回路要素が配設されている。このウェーハの上側表面上の導電層の面積抵抗は、この励起信号及びこの検出信号の実時間測定から決定される。

【0010】1実施例においては、その静電チャックは、プロセス室内の半導体ウェーハを支持するチャック本体を含む。少なくとも2つの電極が、このチャック本体の表面に形成されるが、この表面から電気的に絶縁される。これらの電極は、また、このウェーハの裏側表面に電気的にかつ静電容量的に結合される。回路要素は、これら電極に接続されて、測定しようとする面積抵抗の範囲に対して最適化励起周波数を持つ電気交流信号を受信する。

【0011】エッチング及び堆積適用に対する現場及び

10

20

30

40

50

(又は) 実時間現場導体薄膜抵抗又は厚さ測定用低コストのセンサに対する必要性が、目下、存在する。このようなセンサは、タングステン、アルミニウム、及びチタン(並びに他の金属及びけい化金属)の堆積に使用されるCVD及びPVDに有意な影響を与えることができる。更に、これらのセンサを、プラズマエッチング反応器内でプロセス制御及びプロセス終点検出目的に使用することができる。

【0012】本発明のセンサの利点は、このセンサがそのウェーハへのいかなる前側機械的又は電氣的接触も必要としないと云うことである。

【0013】更に、このセンサは、半導体デバイス製造における導体層処理に使用される低圧CVD(以下、LPCVD)又はプラズマエンハンスドCVD(以下、PECVD)の各種型式及びプラズマエッチング反応器に適合性である。

【0014】更に、その関連した静電チャックは、そのウェーハ表面を帯電させることなくこのウェーハの裏側への均一な接触を保証する。

【0015】本発明の上述の特徴は、付図と関連した次の説明の考察から、一層明確に理解されるであろう。

【0016】異なるこれらの付図を通して対応する符号及び記号は、他に指示がなければ、対応する部品を参照する。

【0017】

【実施例】本発明の現行好適実施例の製造及び使用は、詳細に以下に論じられる。しかしながら、云うまでもなく、本発明は、広範多様な特定の関係において実施することのできる多くの応用可能な新規な構想を提供する。論じられる特定の実施例は、本発明を実現しかつ使用する特定様式の単なる実例であって、本発明の構想を限定する訳ではない。

【0018】以下は、本発明の装置及び方法の説明である。その好適実施例がまず説明され、これにいくつかの変更実施例の説明が続く。

【0019】図1を参照すると、ウェーハ22の表面上の導電層の面積抵抗及びその均一性を測定するセンサシステム20が示されている。示されている実施例においては、そのプロセスは、単一ウェーハ堆積又はエッチングプロセス室内で起こる。その室壁24が示されおり、この室壁は処理しようとするウェーハを外側大気から絶縁する。このプロセスは、真空又は低圧条件の下に起こるが、しかしこれは動作にとって必要条件ではない。事実、このプロセスは、プロセス室を全く必要としない。

【0020】ウェーハ22の上側表面上の導体層の面積抵抗は、極めて多数の様々なプロセス中に測定される。これらのプロセスは、アルミニウム及びタングステンのような金属並びにその他の金属の堆積用CVD又はPVDを含む。更に、例えば、タングステン、アルミニウム、又は銅のような金属の低温エッチングが遂行され

る。この方法は、また、金属蒸発中にも使用される。

【0021】測定された面積抵抗情報は、次いで、制御器内へ帰還され、この制御器はそのデバイスを一層正確に製造するようにこのプロセスを制御する。更に、本発明を、PECVD及びエッチングプロセスと共に使用することもできる。

【0022】本発明は、プロセス均一性制御及び終点検出に使用される。例えば、本発明はいつエッチングプロセスが完了するかを判定するのに使用され、この判定によって不足エッチング又は過剰エッチングを回避する。更に、本発明は、堆積又はエッチングのいずれに対してもプロセス速度を制御することができる。例えば、一定プロセス速度が、いまや達成される。更に、本発明を利用することによって、プロセス、及び機器診断及び予断が簡単化される。本発明の方法及びシステムは、面積抵抗均一性並びに平均面積抵抗値を、共に実時間に測定することができる。

【0023】ウェーハ裏側上の分布ブローブ電極は、いわゆる"4点ブローブ"技術の構想に基づいて動作する。このセンサと半導体製造におけるオフライン面積抵抗測定に使用される従来の"4点ブローブ"との間に大きな差異が存在する。本発明のセンサは、導電薄膜の現場面積抵抗測定のために(高周波プラズマ、ウェーハ加熱及びウェーハ冷却の場合はオプションで)静電チャック内に埋設される。本発明のセンサは、また、円形対称及び限定ブローブ面積を持つ多重分布ブローブ電極を採用する。これで、実時間半径方向面積抵抗均一性データを提供する。更に、このセンサは、高周波電気ブローブ信号(電流又は電圧)のウェーハ裏側への静電容量性結合に基づいている。直流電流は、これらの電極間に流れない。ウェーハ裏側上のいかなる誘電体も、このウェーハ導電薄膜面積抵抗測定の正確性に無視できる程の影響しか与えないであろう。

【0024】図1を再び参照すると、静電チャック30が、ウェーハ22を機械的に支持するため、並びに面積抵抗測定を遂行する電氣的ブローブ接続を提供するために配設されている。チャック30は、アルミニウム、ステンレス鋼のような電氣的、熱的伝導金属、又はニッケル又はモリブデン(又はこれらの合金)のような高融点金属又はモネルのような耐熱金属で典型的に製造される。

【0025】チャック30にその近くで接続されて加熱/冷却モジュール32があり、これは処理が起こる温度を制御するために配設される。本発明は、導電層堆積及びエッチング適用の場合に半導体処理が起こる広い温度範囲のどんな温度において使用されてもよく、これは温度の測定への影響を容易に校正及び計数できるからである。

【0026】チャック30は、電氣的絶縁材料34によってその室壁から分離されている。材料34は、石英又

10

20

30

40

50



は他の電氣的絶縁材料である。図に示されるように、絶縁材料34は、そのウェーハに近い閉じ込め領域内に真空又は低圧を維持するために、ガスケットによってこの室壁から分離されている。

【0027】このチャックに埋設されて、円形電極101~111がある。このチャック自体は、第12電極として働く。12個の電極が示されているが、いかなる数(1より大きい)の電極も使用することができる。12と云う数は、15、24cm(6インチ)ウェーハにとって電極として良い数である。一般に、電極の最大数

は、要求される空間解像度及びウェーハ寸法によって決定される。2つ、すなわち、最小数の電極は、平均測定のみを与えるだけで、いかなる特定半径方向均一性データも与えないであろう。好適実施例においては、図2に示されるように、これらの電極は、形状が円形である。

【0028】電極101~111は、スペーサ36によってチャック30の本体から電氣的に絶縁されている。スペーサ36は、典型的には、電氣的絶縁、しかし熱伝導材料で作られる。スペーサ36として使用することのできる例示的材料は、窒化ほう素及び窒化アルミニウム

を含む。【0029】電極101~111は電線によってセンシング及び制御機器に電氣的に結合され、これらの電線はチャック30内に形成されたスルーホール38を通る。スルーホール38の配置は、機械設計に基づく設計選択、すなわち、配線にとっての最適配置によって決定される。【0030】全ての電極101~111の表面は、薄い(典型的に数 $\mu\text{m}$ 未満)、例えば、酸化けい素又は酸化アルミニウムのような絶縁材料で以て被覆される。その正確な厚さは、高周波プローブの選択に基づいて決定される。これは、これらのプローブ電極の表面パッシベーション及びいかなる直流電流通路をも防ぐために行われる。しかしながら、これらの電極と直列の外部コンデンサの使用もまた、直流電流を阻止する。結果として、これらの分布電極上の絶縁薄膜の使用は、必須ではない。もしそのウェーハの裏側が酸化けい素又は窒化けい素のような絶縁層で以て被覆されるならば、電極パッシベーションは必要ない。

【0031】図2は、単一ウェーハ堆積又はエッチング機器に対する、静電チャック30及び関連面積抵抗センサ電極の簡単化概略図を示す。チャック30は、静電チャック動作並びにセンサのための分布電極アレイを有する。この図は、導電性、おそらく、金属材料で作られた多重円形電極を示す。例えば、アルミニウム、ステンレス鋼、モリブデン、ニッケル、又はなんらかの他の適当な金属が使用される。ここに示された電極は、円筒対称形を有する(円形電極)。正方形又は長方形電極のような他の形状を使用してもよい。電極の最適数は、ウェーハ寸法、電極表面面積、均一性測定に対する空間解像度

の量、及び高周波信号の周波数に依存する。

【0032】図2に示された例は、全部で12個の電極を示す。第1電極は中心にあり、第12電極はチャック30の本体に接続されかつウェーハ22の縁に接触する。例として、電極の最大数は、ウェーハ直径とウェーハ厚さの間の比の $1/10$ を超えてはならない。これによって、電極対電極間隔がウェーハ厚さより遙かに大きいことを保証する。

【0033】或る場合においては、これらの電極直径は各電極101~111の面積が同じであるように選択される。他の場合は、これらの電極幅は全て等しい。更にその他の場合においては、これらの電極幅はその他の判定基準によってかつ各電極幅が独立に選択されるように決定される。

【0034】静電チャックを製造する1例の方法は、窒化ほう素の円板を使って開始することである。円形溝がこの円板内へ機械加工される。薄い円形電極101~111が形成され、かつそのチャック本体内においてこれらの溝内に置かれる。例えば、低温適用の場合にはアルミニウム電極が使用され、他方高温CVD適用においてはニッケルのような高融点金属又はモネルのような耐熱合金が使用される。

【0035】窒化ほう素のような高伝熱材料ウェーハ50上に分布電極を製造するのに、代替方策を使用することも可能である(図3)。分布電極101~103を、図3に示されたように、窒化ほう素ウェーハ50上に分散させかつパターン化することができる。電極101~103は、モリブデン、ニッケル、又はコバルトのような高融点金属を含むことができ、かつ窒化ほう素のウェーハ50上に形成された緩衝層52上にPVDによって(例えば、1から2 $\mu\text{m}$ )に堆積される。酸化けい素のような絶縁材料の絶縁層54が、次いで、電極101~103を覆い形成される。これらの前面プローブ電極への電氣的接続は、ウェーハバイア(図には示されていない)を通してなされる。

【0036】図4aを参照すると、代替電極パターンが示されている。ここでは、円形電極101~111は、1つより多い部分(示されている場合4つ)に分割される。図2に示された電極パターン、すなわち、各同心環が連続している電極パターンを使用するセンサシステムの動作(図7に関して更に詳細に説明される)中、半径方向面積抵抗情報が得られる。他方、図4aに示された電極パターンを使って、周方向並びに半径方向情報が決定される。使用される部分の数は、システム複雑性対要求される均一性解像度レベルのトレードオフを通して決定される。例えば、もし詳細に乏しい均一性情報が要求されるならば、各電極はそれだけ少ない数、おそらく2つの部分に分割されるであろう。他方、もし詳細に富んだ情報が要求されるならば、各電極は、例えば、4、8または10象限に分割されるであろう。

【0037】更に、他の電極パターンが、図4bに示されている。ここでは、実質的に周方向面積抵抗測定データが得られる。

【0038】好適実施例は、図5aから図6bに示されている。この実施例においては、等しい幅の電極が選択されている。これらの電極の寸法は図5a及び図5bに\*

\*示され、他方、スルーホール38の位置は図6a、6bに示されている。

【0039】この好適実施例における電極の各々の内径及び外径、面積及び静電容量は、表1に示されている。

【0040】

【表1】

電極	内径 (mm)	外径 (mm)	面積 (mm <sup>2</sup> )	静電容量 (nF)
1	なし	18	254.47	4.39
2	24	30	254.47	4.39
3	36	42	367.57	6.35
4	48	54	480.66	8.30
5	60	66	593.76	10.25
6	72	78	706.86	12.21
7	84	90	819.96	14.16
8	96	102	933.05	16.11
9	108	114	1046.15	18.07
10	120	126	1159.25	20.02
11	132	138	1272.35	21.97
12	144	150	1385.44	23.93

【0041】表1に示されているように、ブロープ静電容量範囲は、中心における電極番号1に対する4.39 nFから縁における電極（番号12又はウェーハに重なるチャック本体）に対する23.93 nFまでの範囲をとる。これらの値の全ては、これらの分布電極とウェーハ裏側との間に約2  $\mu$ mの酸化けい素と等価な誘電体厚さがあると云う仮定に基づいている。

【0042】回路の動作を理解するために、1つの例示の場合をこれから説明する。そのチャックは12個の電極を有し、ここで第1電極は中心電極である。第12電極はそのチャック本体に接続されかつウェーハ縁領域と重なる縁電極である。この例において、図2に示された電極パターンが使用される。静電チャック電極及びセンサ高周波ブロープ電極に対する電気接続を配置又は区画するには、種々の方法がある。1つの方策は、静電チャックに対してはチャック電極の副集合を使用し、かつセンサ電極に対しては残りの電極を使用することである。例えば、1つの方法はセンサ高周波電流源40と中心電

極及び縁電極（第1及び第12電極）を接続することである。第2、4、6、8及び10電極は電圧パルス列を経由して静電チャック動作のために使用される。第3、5、7、9及び11電極は、容量性接触を経由してこれらの電極上に誘導された高周波電圧をブロープ又は監視するのに使用される。

【0043】このシステムの動作を、いまから、図7を参照して説明する。図7aは、図1に示されたシステムに対する等価電気回路を示し、他方、図7bはこの等価回路の理解を助援するためにウェーハの極めて簡単化した線図を示す。入力接続点は、1から12で指標付けされている。これらの接続点は、電極101～112に対応する。

【0044】ここに説明される実施例において、出力電圧は接続点3、5、7、9、及び11において監視され、かつ $V_{oi}$ で表示される（ここにiは接続点の指標）。この場合、面積抵抗は、5つの異なる場所において（例えば、図2に示された電極パターンで以て）半径

方向に測定される。先に論じたように、面積抵抗は、周方向にも測定されることもある。もし終点又は平均測定が要求されるならば、僅か2つの接続点、すなわち、電極が監視される。

【0045】いま、図7b及び図7aを参照すると、静電容量 $C_i$ （この例では $i$ は1から12をとる）は、電極 $E_i$ とウェーハ670との間の静電容量を示す。抵抗要素 $R_{i-1}$ （例えば、 $R_{12-11}$ 又は $R_{11-10}$ ）はウェーハ670を通しての体積横方向抵抗を示し、他方、抵抗 $R_{i1}$ はこのウェーハ内への下向きの垂直抵抗、すなわち、上側表面674から裏側表面672への垂直抵抗を示す。静電容量要素 $C_{i1}$ はウェーハ670と導電材料678との間の静電容量である。図7bに示されるように、絶縁層676はウェーハ670と導電層678との間に存在する。事実、この面積抵抗測定技術は、その高周波測定信号の周波数が種々の静電容量に対して最適化するように調節されるので、ほとんどいかなる半導体ウェーハ形状にも使用される。注意することは、導電材料層678は、測定プロセス中にかつ製造プロセスがより良く制御されるように、堆積又はエッチングされると云うことである。

【0046】図に示された例示の方法においては、高周波電流が接続点2（図2のチャック本体）に接続されている高周波電流源40によってこのウェーハに導入される。電流源40は、また、第1電極（図2の中心電極）に接続されている。なおまた、電流源40に整列して外部阻止コンデンサ42が含まれており、このコンデンサはいかなる直流電流も阻止するために配設される。この外部阻止コンデンサは電極静電容量 $C_1$ 及び $C_{11}$ と直列であるから、もし要求されなければ、このコンデンサを除去してもよい。

【0047】電流源40として示されているが、電圧源をこれに代入しても類似の結果を達成できる。

【0048】高周波電源周波数は、次のように最適化される、1）プローブ接触の容量性又は誘導性インピーダンス（ウェーハ裏側上のいかなる誘電体層をも含む）をプローブ接点間の導電薄膜抵抗に比較して非常に小さくするためにこの高周波電源周波数を充分に高く選択する、及び2）交流浸透深さ及び半導体ウェーハ上のウェーハ厚さを前側導電材料層内の導電層厚さより遙かに大きくするためにこの高周波電源周波数を充分に低くする。典型的に、この高周波電源周波数は、10と50MHzの間で選択される。

【0049】誘導高周波電圧 $V_{i1}$ （ $i=3, 5, 7$ 又は11）及びこれらの相対位相は、図8に示されるような外部電圧監視装置を通して測定される。電圧 $V_{i1}$ は、高インピーダンス又はインピーダンス整合緩衝器60に結合される。緩衝器60は高周波増幅器62に結合され、後者は、更に、実効値検出器64に結合される。検出器64の出力は、次いで、アナログーデジタル変換器

（ADC）66に結合され、後者はコンピュータ、制御器、又はデータを翻訳するその他の手段に結合される。

【0050】プローブ電極1, 3, 5, 7, 9又は11上の各誘導高周波電圧チャンネルは、例えば、図8に示されるような分離高周波電子回路に接続される。検出器64は、アナログーデジタル変換器66に対して直流信号を発生する。これらの直流信号は、この誘導高周波電圧に比例する。回路理論及び既知の材料特性から、2つの円形プローブ間の面積抵抗が計算される。

【0051】典型的に、抵抗 $R_i$ 、すなわち、ウェーハ垂直抵抗の値は、最小金属抵抗値に比較して小さい。この結果、良好な信号対雑音比（SNR）で測定可能な信号をこれらのプローブ位置において測定することができる。しかしながら、そのウェーハ抵抗率が增大するに従い、その垂直抵抗値もまた増大しかつその導電層抵抗値にますます匹敵するようになる。このような条件の下で、そのウェーハ垂直抵抗値はその導電層抵抗を支配し、測定信号は極めて弱くなる。しかしながら、実際には、けい素ウェーハは典型的にスパッタリング及びCVDプロセス中、300と700℃との間に加熱される。この加熱条件の下に、このウェーハ抵抗率は減少させられ、金属面積抵抗又は抵抗率は増大する。これらの変化が全て、低減する寄生ウェーハ垂直抵抗及び高い金属抵抗率に起因して信号対雑音比を増長するように助援する。

【0052】横方向ウェーハ抵抗は、金属抵抗要素に小さい分流作用を及ぼすが、ウェーハ横方向抵抗値は典型的に導体抗値の数倍であり、その結果、ウェーハの分流作用を減少させる。全ての実用導体CVD温度に対して、ウェーハ抵抗は有意に減少することはないと期待される。したがって、次のように結論することができる、すなわち、このセンサは所望のプロセス中にその導電層面積抵抗を測定するに充分に強い信号を提供することができる。

【0053】パルス又は交流（例えば、100Hzから1,000Hz）高電圧源がウェーハ重量を保持するために要求される静電力を発生するのに使用される。このパルス高電圧源の周波数は、高周波源周波数より遙かに低く選択される。例えば、10kHzより低い静電電圧周波数が、典型的に許容される。

【0054】この静電力は、このウェーハ重量を支持するのに充分強力でなければならない。これは、もしウェーハ処理がフェースダウン又は垂直形態で行われるならば、特に云える。例えば、シリコンの密度は2.39g/cm<sup>3</sup>である。その結果、僅か0.5mmの厚さを持つ150mmのウェーハの全重量は、約20.57gである。したがって、その力は、この重量を支持するように設計される必要がある（フェースダウン又は垂直ウェーハ処理の場合）。たとえ第2及び第4電極を使用するのみでも、例えば、36Vの電圧 $V_1$ は、そのウェーハ

を保持するのに充分に高い。

【0055】図9に示されたパルス電圧は、そのウェーハを保持しかつそのウェーハ裏側の永久帯電を防止するためにこれらの電極の各々に印加される電圧のタイミングを示す。注意すべきは、そのウェーハを保持しかつそのウェーハの永久的帯電を回避するために、これらのパルス電圧の極性に関してこれらの電極を配置し、かつ区画する他のいくつかの方法があると云うことである。また、注意すべきは、静電チャック動作中、（チャック静電界発生に使用される）各電極上の電圧は時間と共に変動しかつV<sub>1</sub>、接地、V<sub>2</sub>の電圧を有すると云うことである。この形態は、そのチャックがそのウェーハを解放すると思われるときウェーハスティッキング問題を除去するであろう。その静電界電圧源がターンオフするときそのウェーハを解放可能とするために、いかなる永久的裏側帯電も回避しなければならない。

【0056】他の種々の構成要素が、本発明にまた使用される。例えば、無損失同軸ケーブルが、センサ高周波信号源及び監視装置接続に使用される。これらのケーブルは、もし必要ならば適性な同調によってその信号源に整合しなければならない。

【0057】なおまた、高電圧アナログスイッチが、パルス電圧発生のために直流電源を静電チャックへ接続するのに使用される。代替方策は、パルス交流電圧源を使用することである。

【0058】更に、そのプロセスの開始に、ウェーハが、例えば、3本のピンで以て、そのチャック表面に対して機械的にクランプされるとき、比較的高い、例えば、数100Vの振幅レベルが、そのウェーハがこのチャック表面に対して充分に吸着されるまで使用される。この電圧を、次いで、先に説明したように、低レベルに低下させることができる。

【0059】本発明は、図示の実施例を参照して説明されたが、この説明を限定的意味に解釈されることを意図してはいない。本発明の図示の実施例、並びに他の実施例の種々の変更及び組合わせは、本発明を参照するならば技術に熟練した者にとって明白であろう。したがって、添付の特許請求の範囲は、いかなるこのような変更又は実施例をも包含することを意図する。

【0060】以上の説明に関して更に以下の項を開示する。

【0061】（1）電気的面積抵抗センサを備えるチャックであって、半導体ウェーハを支持するチャック本体と、前記チャック本体の表面に形成されたしかし前記表面から電気的に絶縁された少なくとも2つの電極であって、前記ウェーハの裏側表面に電気的に結合された前記電極と、前記ウェーハの上側表面上の面積抵抗に基づく電気信号を受信するために前記電極に接続された回路要素と、を包含するチャック。

【0062】（2）第1項記載のチャックにおいて、前

記ウェーハは静電的に支持されている、チャック。

【0063】（3）第2項記載のチャックにおいて、前記ウェーハを支持するために少なくとも2つの電極が前記チャック本体内に形成される、チャック。

【0064】（4）第2項記載のチャックであって、前記ウェーハを静電的に支持するに先立ち前記ウェーハを物理的に支持する手段を更に包含するチャック。

【0065】（5）第1項記載のチャックであって、前記ウェーハを加熱する又は冷却する手段を更に包含するチャック。

【0066】（6）半導体ウェーハの上側表面上の面積抵抗測定システムであって、前記チャックの裏側表面に電気的に結合されたチャックであって、前記ウェーハを静電的に支持する能力のある前記チャックと、前記ウェーハに励起信号を供給しかつ誘導信号を誘導する信号源と、前記励起信号と前記誘導信号とを監視しかつ前記励起信号から前記ウェーハの上側表面上の面積抵抗を決定する回路要素と、を包含するシステム。

【0067】（7）第6項記載のシステムにおいて、前記信号源は電流源である、システム。

【0068】（8）第6項記載のシステムにおいて、前記ウェーハは前記チャック内にかつ前記ウェーハ近くに形成された少なくとも2つの電極に周期信号を印加することによって静電的に支持される、システム。

【0069】（9）第8項記載のシステムにおいて、前記周期信号は正電圧に接地電圧が続き該接地電圧に負電圧が続く前記正電圧を含み、及び前記少なくとも2つの電極の1つに印加される前記周期信号は前記少なくとも2つの電極の他に印加される前記周期信号と位相外れしている、システム。

【0070】（10）第6項記載のシステムにおいて、前記回路要素は高インピーダンス緩衝器と、前記緩衝器に結合された増幅器と、前記増幅器に結合された実効値検出器とを含む、システム。

【0071】（11）半導体ウェーハの上側表面上の面積抵抗測定方法であって、前記ウェーハの裏側表面に電気的に結合されたチャックであって、前記ウェーハを静電的に支持する能力のある前記チャックを提供するステップと、前記ウェーハに高周波励起信号を印加するステップと、少なくとも1つの誘導出力信号であって、前記ウェーハの前記上側表面上の前記面積抵抗に関連した前記誘導出力信号を監視するステップと、前記出力信号から前記面積抵抗を決定するステップと、を包含する方法。

【0072】（12）第11項記載の方法において、前記決定するステップは半径方向面積抵抗均一性情報を決定することを含む、方法。

【0073】（13）第11項記載の方法において、前記決定するステップは周方向面積抵抗均一性情報を決定することを含む、方法。



【0074】(14)第11項記載の方法において、前記印加するステップは高周波電流を印加するステップを含む、方法。

【0075】(15)第11項記載の方法であって、前記ウェーハに作用する製造プロセスを同時に遂行することを更に包含する方法。

【0076】(16)第11項記載の方法であって、前記面積抵抗に基づき前記製造プロセスを制御するステップを更に包含する方法。

【0077】(17)電気的絶縁かつ熱的伝導材料のブロック表面に一連の絶縁溝を形成するステップと、前記絶縁溝の各々の表面上に絶縁材料を形成するステップと、複数の導電電極であって、各前記電極が前記絶縁溝の1つ内に嵌め込まれるように、前記各電極の形状が前記溝の1つの形状に対応する前記複数の電極を形成するステップと、前記対応する絶縁溝内へ前記複数の電極の各々を取り付けるステップと、外部信号処理及び励起回路に前記複数の電極の少なくとも2つを電気的に結合する手段を提供するステップと、を包含する静電チャック製造方法。

【0078】(18)第17項記載の方法であって、前記複数の電極上に絶縁材料層を形成するステップを更に包含する方法。

【0079】(19)円板の表面上に第1緩衝絶縁層を形成するステップと、前記絶縁層の表面上に複数の電極を形成するステップと、前記複数の電極を覆い第2絶縁層を形成するステップと、処理回路に前記複数の電極の各々を電気的に結合するバイアスを形成するステップと、を包含する静電チャック製造方法。

【0080】(20)第19項記載の方法において、前記複数の電極は高融点金属で作られる、前記方法。

【0081】(21)半導体ウェーハ22の上側表面上の導電層の面積抵抗を測定するシステム20がここに開示される。1実施例においては、前記システム20は、前記ウェーハ22の裏側表面に電気的に結合されるチャック30を含む。前記チャック30は、前記ウェーハ22を静電的に支持する能力を有する。信号源が前記ウェーハ22に励起信号を供給し、かつ誘導信号を監視する回路要素が配設される。前記ウェーハ22の前記上側表面上の前記面積抵抗は、前記励起信号と前記誘導信号の測定から決定される。他のシステム及び方法も開示される。

【0082】注意

(C)著作権、M・テキサス・インスツルメンツ社1991。この特許書類の開示の部分は、著作権及びマスクワーク権保護の適用を受ける資料を含んでいる。この著作権及びマスクワーク権の所有者は、これが特許商標の特許書類及び記録内に現れている限り、その特許書類又はその特許の開示書類についての何人によるファクシミリ複製であろうともこれに対して異議は唱えら

ことはないが、しかし、これ以外の場合については、いかなる事情があろうとも、全ての著作権及びマスクワーク権を保有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例のシステムの断面図。

【図2】本発明の好適実施例の静電チャック及び分布センサ電極パターンの平面図。

【図3】本発明の代替実施例の静電チャック及び関連するセンサ電極の断面図。

【図4】本発明の代替実施例の静電チャック及び分布センサ電極パターンの平面図であって、aは半径方向周方向並びに周方向面積抵抗測定用の場合の平面図、bは周方向面積抵抗測定用の場合の平面図。

【図5】分布センサ電極を有する本発明の好適実施例の静電チャックの電極の寸法図であって、aは断面図、bは平面図。

【図6】分布センサ電極を有する本発明の好適実施例のスルーホール位置を示す平面図であって、aは座標値の副集合記入図、bは座標値の残りの副集合記入図。

【図7】本発明の実施例のシステムの動作説明図であって、aはこのシステムの理解を深めるために使用される等価回路の概略図、bは面積抵抗を測定しようとするウェーハの極めて単純化された断面図。

【図8】本発明の実施例のシステムの出力回路のブロック線図。

【図9】本発明の実施例の静電チャック動作に対する例示的電圧パルスのタイミング線図。

【符号の説明】

1～12 電極番号及び接続点指標

20 センサシステム

22 ウェーハ

24 室壁

30 静電チャック

32 加熱/冷却モジュール

34 電気的絶縁材料

36 スペーサ

38 スルーホール

40 電流源

50 窒化ほう素ウェーハ

52 緩衝層

54 絶縁層

60 高インピーダンス又はインピーダンス整合緩衝器

62 高周波増幅器

64 実効値検出器

66 アナログ-デジタル変換器

101～111 円形電極

670 ウェーハ

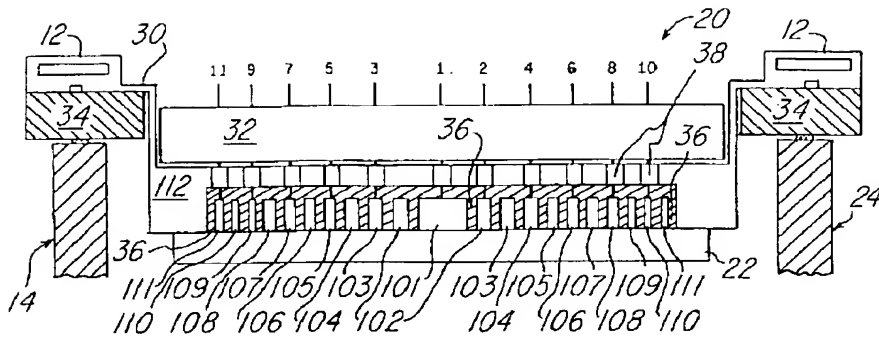
672 ウェーハ裏側表面

674 ウェーハ上側表面

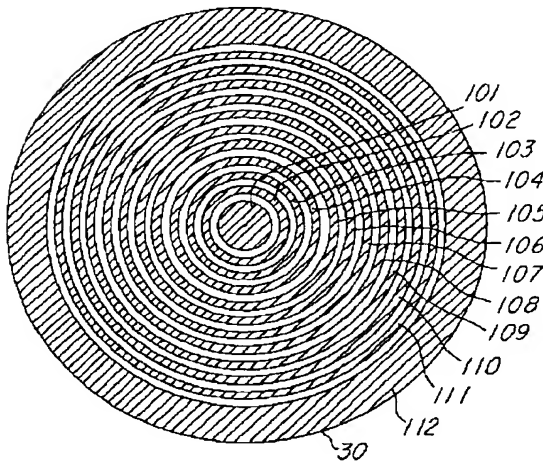
678 導電材料



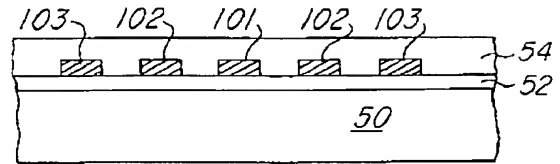
【図1】



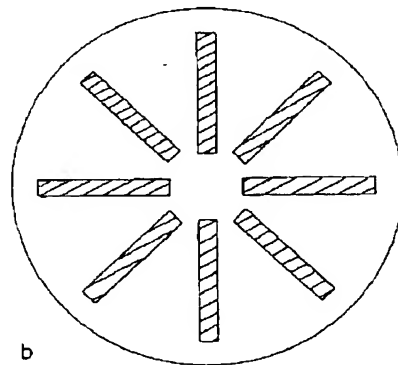
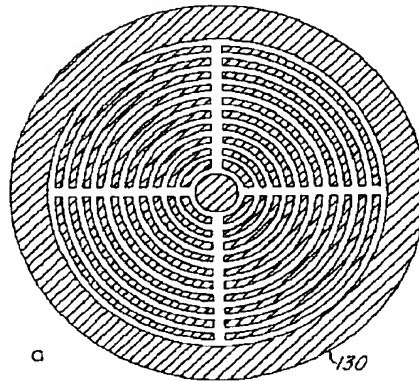
【図2】



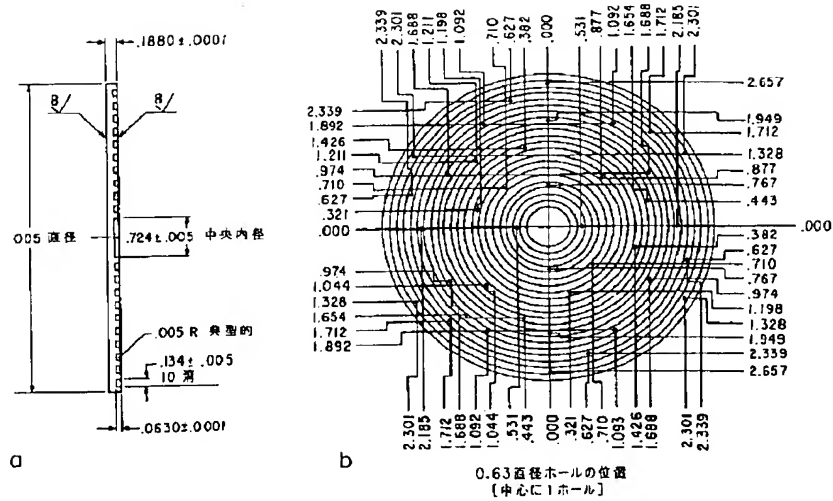
【図3】



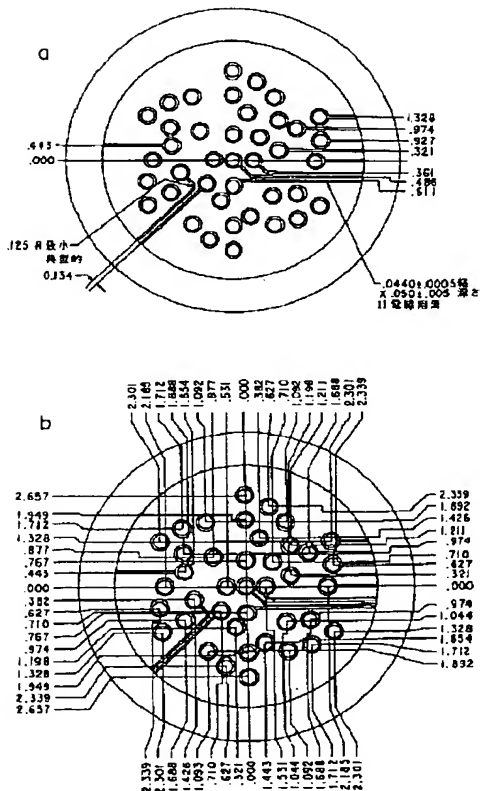
【図4】



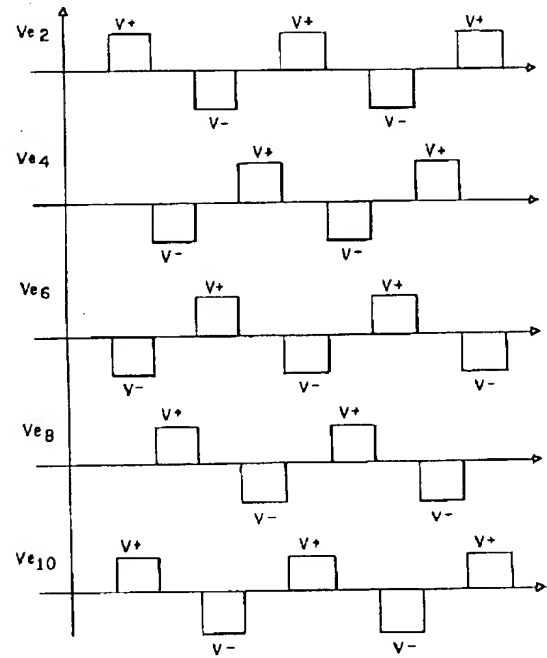
【図5】



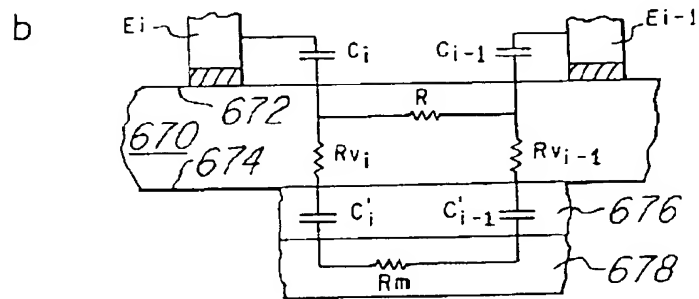
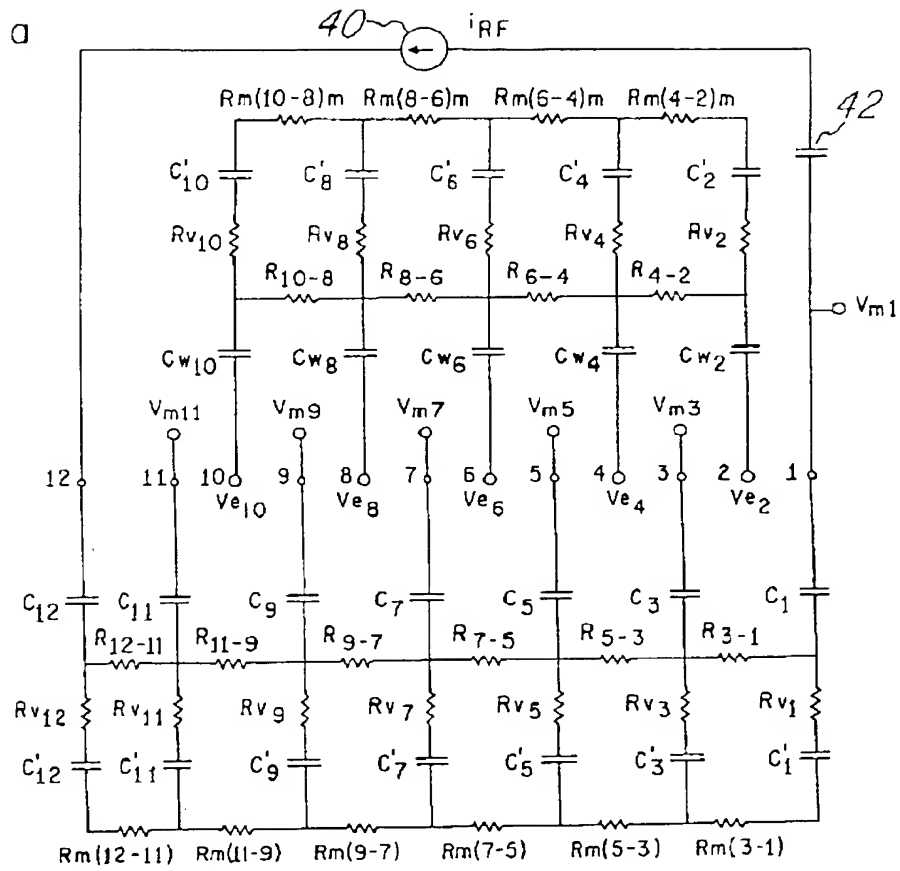
【図6】



【図9】



【図7】



【図8】

